
原 著

競泳トレーニング後の筋振動が乳酸代謝に与える影響

The Muscle Vibration after a Competitive Swimming Training Reduces
the Post-Exercise Blood Lactate Accumulation

松本高明*, 内藤祐子*, 青葉貴明*
高橋雄介**, 阿部太輔***, 浅井泰詞***
和田壮生***, 和田匡史****, 井上大輔*****

Takaaki MATSUMOTO*, Yuko NAITO*, Takaaki AOBA*
Yusuke TAKAHASHI**, Daisuke ABE***, Taishi ASAI***
Masaki WADA***, Tadashi WADA****, Daisuke INOUE*****

ABSTRACT

【Purpose】 The purpose of the research is to clear whether or not to vibrate the muscle immediately after competitive swimming training can decrease the accumulation of lactic acid. 【Method】 The 16 Japanese collegiate student championship participants were evaluated. These students were divided into two groups randomly. One day, for the one group (VG) the blood lactates were taken from finger and foot tip at pre-exercise, post immediately, after 5, 10, 30 minutes. After training (main swim training: Free style swim, 50m × 20 times all out), immediately the muscle vibration was given to the upper limb by the gripping muscle vibrating equipment (elk corporation, Tokyo Japan). The amplitudes of vibration were 20Hz. The duration was three minute, and the vibration times were one time. For the other group (NVG), without muscle vibration, the same measurements were performed. Another day, it replaced a group and the same measurement was done. 【Results and Conclusions】 The lactic acid values of VG at post exercise, 5, 10, 30 minutes after exercise were 13.7 ± 2.4 , 11.2 ± 2.6 , 9.8 ± 2.9 , 4.7 ± 1.9 mmol/l, and NVG were 13.6 ± 1.7 , 11.9 ± 3.1 , 9.5 ± 3.6 , 5.1 ± 2 mmol/l. The significance differences of the lactate values were not recognized between VG and NVG in all periods. From this result, only the time which was giving vibration to the muscle had the possibility that the metabolism of lactic acid was forwarded.

Key words; competitive swimming training, lactic acid, portable gripping muscle vibrating equipment

* 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan UNIV.)

** 中央大学理工学部 (Faculty of Science and Engineering, CHUO UNIV.)

*** 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate school sports system family, Kokushikan UNIV.)

**** 東京慈恵会医科大学 (The Jikei University School of Medicine)

***** 国士舘大学理工学部 (School of Science and Engineering, Kokushikan UNIV.)

はじめに

競泳における選手一人の一日当たりの試合出場数は、通常日本学生選手権の場合、予選、B決勝、リレー予選、リレーB決勝と4回を数える。さらに、同日に異なった種目にエントリーした場合には、さらに泳ぐ回数が増える。選手は、1つのレースが終わるごとに、疲労を取り除くために、ダウンスイムを行い、更にマッサージを受けてコンディショニングを整える。選手の過密な試合当日のタイムスケジュールを考えたときに、いかに早く疲労をとるかは競技力を向上させるためには重要な要素の一つとなると考えられる。筋疲労の程度を評価するために乳酸を指標にすることは、競泳では日常的に行われ、ダウンスイムに関する乳酸除去の研究では、水泳の場合、競技後のクーリングダウンの至運動強度は70% $\dot{V}O_{2max}$ 程度と報告されている¹⁾。しかしながら、deviceを用いて、レース後の乳酸の代謝に与える影響について検討した論文は検索した限り見当たらない。マッサージには、筋を揉捏する、指圧する、撫でる、震動するなど様々な手法があるが、技術的な熟練性を必要とするため、必ずしも均一な刺激を与えるものではない。また、マッサージを施行するトレーナーは必ずしも複数ではなく、選手の希望の時間に手技を受けられる機会も少ない。一方、筋振動装置は、振動の周波数や時間を設定できるため、均一な刺激を与えやすい。従来の筋振動装置は、大きな据え付け型のものがほとんどで、練習場や試合場に持っていくことが不可能であった。これら筋振動装置は、トレーニング機器として用いられてその種々の効果が報告されている^{2) 3) 4) 5)}。この振動によるトレーニング効果を狙って、近年携帯できる筋振動装置が市販された。そのため、この携帯型の装置が疲労回復に有効であれば、トレーニング機器としてばかりではなく、選手の試合当日のコンディショニングにも役立つ可能性があると考えられる。

そこで、競泳のレースを想定した練習直後に、握り形式の携帯型筋振動装置を用いて、上肢の筋を振動させ、蓄積された血液中の乳酸にどのような影響を与えるかを検討することを目的とした。

方 法

I. 被験者

被験者は、日本学生選手権に出場経験のある男子大学生16名とした。これら被験者に対し、ヘルシンキ宣言に基づき、研究の目的、方法、手順について十分に説明し、書面にて同意を得た。選手には、研究の参加は自由で、途中で中止することも可能であることも説明した。研究の成果については、個人が特定されない方法で公表することにも同意を得た。

被験者の、身体的な特徴を表1に示す。

II. 実験手順と測定項目

被験者を、ランダムに振動を与える群 (VG)、と振動を与えない群 (NVG) に分けた。3日の間隔をあけて、朝7時から以下のプロトコルにて同じ実験を行った (図1)。最初に選手は、練習を開始する前に乳酸を測定した。各自、ウォーミングアップを行い、全力泳にて、50 mを20回自由形で泳いだ。その直後に乳酸を測定し、全力泳後3分間、筋振動装置にて、筋振動を与え、以後全力泳直後、5分、10分、30分後に乳酸の測定を行った。

乳酸の測定は、手指の先をアルコール綿にて消毒し、十分に清潔なガーゼで拭き取ったのち、穿刺針にて血液を採取して、CDD酵素電極法にてラクテートプロ® (アークレー社 京都) を用いて測定した。(図2)

表1 Physical characteristics

N	age (yrs)	height (cm)	weight (kg)	BMI (kg/m ²)
16	19.5±0.5	172.3±7.0	67.5±5.2	22.8±1.4

Values are mean ± S.D.

筋振動装置は、上肢握り様式の筋振動装置 Galileo Up-X Dumbbell® (Novotec Medical GmbH, Pforzheim, Germany) を用いた (図 3)。

測定時は、座位にて肘を屈曲させ、楽な位置で、両手で握って保持させた。筋振動の振幅は 20Hz とした。

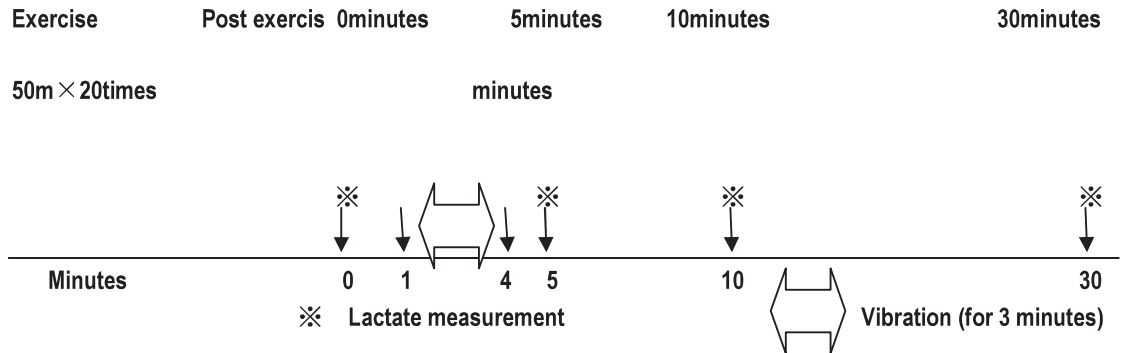


図 1 protocol



図 2 Lactate Measurement



図 3 muscle vibration device
(Galileo Up-X Dumbbell, Novotec Medical GmbH, Pforzheim, Germany)

非振動群も筋振動の期間は同様に安静座位を取らせた。2回目の乳酸測定後は、全員床上で座位を取らせ安静にさせた。

Ⅲ. 統計処理

結果は、平均値と標準偏差で示した。統計処理は、repeated measure ANOVAを用いたのち、多重比較検定を行い、有意率を0.05とした。統計ソフトはStat View Ver.5を使用した。

結 果

安静時のVG群、NVG群の乳酸値は $1.22 \pm 0.1 \text{ mmol/ml}$, $1.32 \pm 0.1 \text{ mmol/ml}$ と差を認めなかった。

系時的な乳酸値の変動は、VG群、NVG群ともに、有意に減少した。しかしながら、運動直後、5分後、10分後の

VG群、NVG群間の乳酸値の平均値の差は認めなかった(表2)。ただ、図4で示すように、運動直後のVG群とNVG群の乳酸値の平均値は、 13.7 ± 2.4 、 $13.6 \pm 1.7 \text{ mmol/ml}$ とほぼ同一の値を示した一方で、振動後のVG群の運動5分後の乳酸値は $11.2 \pm 2.6 \text{ mmol/ml}$ 、NVG群は $11.9 \pm 3.1 \text{ mmol/ml}$ と低い傾向にあり、10分後では、VG群が $9.8 \pm 2.9 \text{ mmol/ml}$ 、NVG群が $9.5 \pm 3.6 \text{ mmol/ml}$ となり、30分後の平均値はVG群が $4.7 \pm 1.9 \text{ mmol/ml}$ 、NVG群が $5.1 \pm 2 \text{ mmol/ml}$ となった。

考 察

本実験では、携帯型上肢握り様式の筋振動装置を用いて、競泳トレーニングの乳酸の代謝に及ぼ

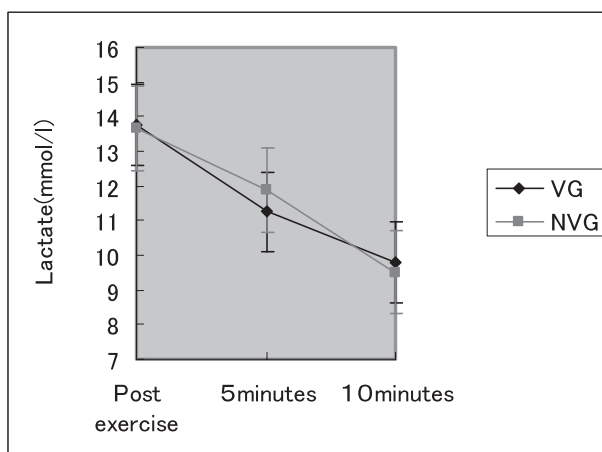


図4 The concentrations of lactic acids

表2 The concentrations of lactic acids by time course (mmol/l)

	Post exercise	5minutes	10minutes	30minutes
VG	13.7 ± 2.4	11.2 ± 2.6	9.8 ± 2.9	4.7 ± 1.9
NVG	13.6 ± 1.7	11.9 ± 3.1	9.5 ± 3.6	5.1 ± 2

MEAN \pm SD

す影響を検討した。その結果、振動群、非振動群ともに、有意に経時的に乳酸値は減少した。しかしながら、振動装置を用いた群と、用いなかった群との有意差は認めなかった。ただ、筋振動を3分間与えた後の血中乳酸値は振動群のほうが低下する傾向を認めた。その後、有意差はなかったものの10分後では、振動群のほうが乳酸値の低下は鈍くむしろ非振動群のほうが低下し、30分後では振動群が非振動群よりも乳酸値が減少する傾向を示した。

先行研究によれば、激運動後の乳酸の変動については、クーリングダウンとして軽い運動強度で運動を持続することが安静状態よりも速やかに乳酸を除去できると報告されている^{6) 7)}。この理由として、安静よりも運動により筋血流量が増し、

筋からの乳酸の放出が促されるということ、また、心筋、骨格筋の遅筋での酸化基質として乳酸の酸化が促されるということが報告されている。軽い運動がよいという根拠として、運動強度が高くなると、新たな乳酸が産生され、肝臓、腎臓の臓器血流量が低下し、乳酸の肝臓内への取り込みや、排泄が阻害されるということが挙げられている。また、運動強度が低すぎると、筋血流量が低下し、また、エネルギー源としての筋の乳酸の利用が低下するからと報告されている¹⁾。

本研究では、安静による乳酸の減少と、筋振動による乳酸の減少を比較したモデルと考えられる。筋振動が、筋血流量に対する影響に関しては、Kernchan-Shindl Kら⁸⁾によれば、全身の筋振動を26Hzで9分間全身に与えると、膝窩動脈の血流が有意に上昇し、大腿四頭筋と下腿三頭筋の筋血流が上昇傾向を認め、この時には、血圧と心拍動数には影響を与えなかったという。

また、上肢に与える筋の振動が、内臓臓器の血流量を変化しているかどうかは検索した範囲内では、報告はなく、推測の域を出ないが、腎血流量を減少させるとは、考えにくい。

以上のことから考えると、今回、筋振動直後の乳酸の低下傾向は、動脈血の血流が増加し、筋血流量が増加したことにより、筋からの乳酸の放出が促されたことによると考えられる。一方、運動10分後の乳酸の値が、5分後に比べて筋振動を加えた群が高い傾向を示したのは、筋振動により、筋収縮が行われ、乳酸が産生された可能性がある。実際、J.Rittwergerら⁹⁾の報告によると、6分間の立位による28Hzの全身の筋振動装置での筋振動により、1.69mmolから3.5mmolまで、血中乳酸値が上昇したとの報告があり、筋振動そのものが、乳酸を上昇させる可能性を示唆している。D J Cochrane^{3) 9)}らは、数分だけ一回のみ短期間で筋振動を与え、ジャンプ力があがったとの報告をしているが、握力といった静的な筋力の変化はなく、筋の柔軟性が改善していることから、筋振動は、筋伸長にかかわるレセプターに作用し、ジャ

ンプ力が変化すると報告していて、一回短時間の筋振動によるトレーニング効果に乳酸が関与しているかは懐疑的である。クーリングダウンが、乳酸を除去するのは有効であっても、その事が、運動のパフォーマンスを向上させるのかについては議論が多い。しかしながら、筋振動装置をクーリングダウンとして使用することで、神経筋協応性に効果をもたらし、さらにパフォーマンスを向上させるかについては興味深く、今後の研究の課題である。また、本研究結果では30分後の血中乳酸値では筋振動群のほうが、非筋振動群に比べ血液中的乳酸濃度が低くなる傾向を示している。このことは、筋振動によって、筋の乳酸の産生を促すよりも、筋や動脈の血流の増加が維持され、乳酸の代謝を促進した可能性が示唆される。

今回の研究によって、筋振動装置が激運動後の末梢血の乳酸値の変化に影響を与えることが示唆されたが、クーリングダウンとして効果のある装置かどうか判定するには、筋振動の振幅数、時間、また、コントロール群として従来のダウンスイミングとの比較を検討していくことが必要であると考えられた。また、今後、筋振動による筋血流量の変化、運動後ではなく安静時から筋振動を与えることで、筋振動が乳酸の産生に如何にかかわっているのかを検討していきたい。

なお、この研究は、平成20年度国士舘大学体育研究所の助成金によって行われた。

引用・参考文献

- 1) 岩原 文彦、松本 高明、浅見 俊雄：4mMOBLAを基準としたクーリングダウン泳について、トレーニング科学, 12 (1), 1-8, 2000
- 2) Darryl J Cochrane, Emma J Hawke : EFFECTS OF ACUTE UPPER-BODY VIBRATION ON STRENGTH AND POWER VARIABLES IN CLIMBER.J Strength Cond Res **21**, 527-531, 2007
- 3) D J Cochrane, S R Stannard.: Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. J Strength Cond Res **21**, 527-531, 2007

- 4) C. Bosco et al.: Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol*, 19 (2), 1999
- 5) Carmelo Bosco, et. al. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol* 79, 306-311 : 1999
- 6) 水上健一、藤枝賢晴：一両日に渡る反復短時間高強度運動負荷モデルにおけるクーリングダウン強度の違いが感情・気分と脳波に及ぼす影響、東京学芸大学紀要芸術・スポーツ科学系、58、129-136、2006
- 7) 岩原文彦、伊藤雅充、浅見俊雄：自転車駆動による無酸素性運動後の効果的なクーリングダウン強度について、体力科学、52、499-512、2003
- 8) Kerchan-Shindl K, Granpo S, Henk C, et al. : Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol* 21, 377-82 : 2001
- 9) J. Rittweger, Marcus Mutschelknauss, Dieter Felsenberg : Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin Physiol & Func Im*, 23, 81-86 : 2003
- 10) D J Cochrane, S R Stannard : Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *Br J Sports Med* 39, 860-865 : 2005